

PROMOVAN H2: Comité de Pilotage 01/06/2022



INTRODUCTION

Objectifs:

Evaluer le potentiel de l'hydrogène comme source d'énergie pour applications fluviales

- *Spécifications techniques d'une propulsion hydrogène pour bateaux*
- *Elements d'architecture et d'intégration à bord*
- *Evaluation économique et environnementale*

INTRODUCTION

Objectifs:

Evaluer le potentiel de l'hydrogène comme source d'énergie pour applications fluviales

- *Spécifications techniques d'une propulsion hydrogène pour bateaux*
- *Elements d'architecture et d'intégration à bord*
- *Evaluation économique et environnementale*

Finalisation du rapport de modélisation

- **Chapitre 1:** Présentation de la technologie H2
- **Chapitre 2:** Méthodologie d'analyse et hypothèses
- **Capitre 3-11:** Cas d'étude
- **Chapitre 12:** Généralisation

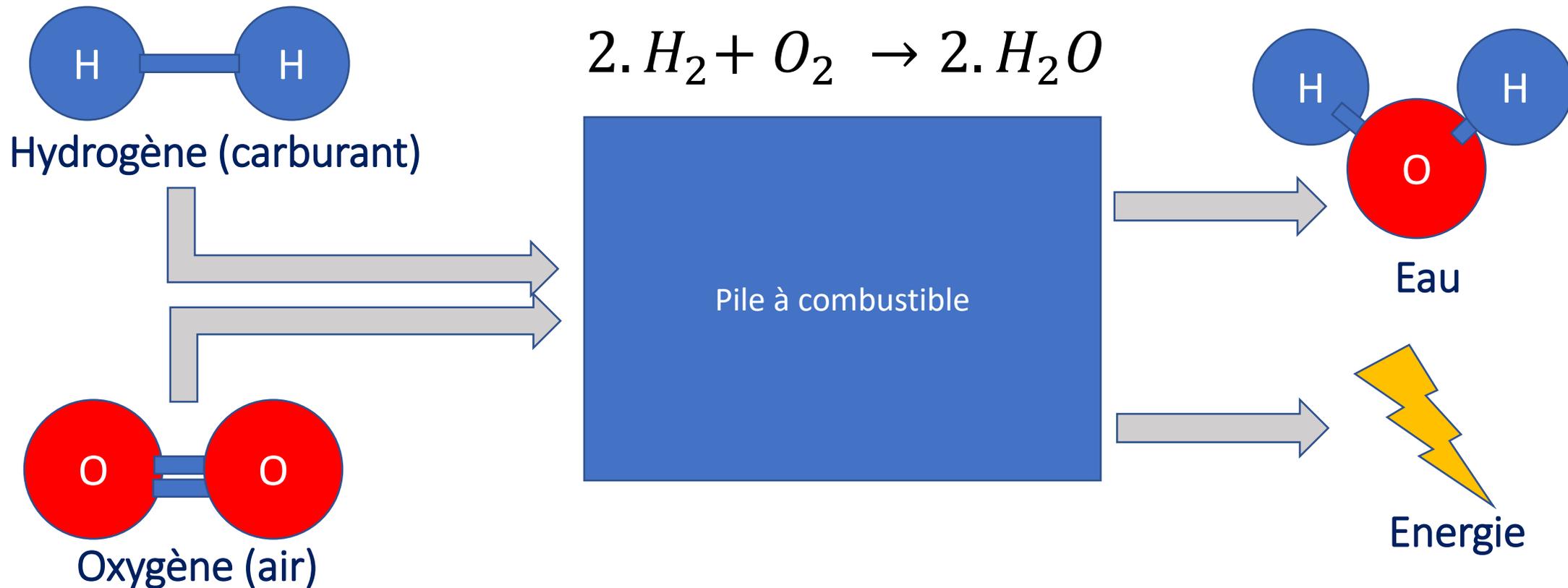


Présentation de la technologie hydrogène



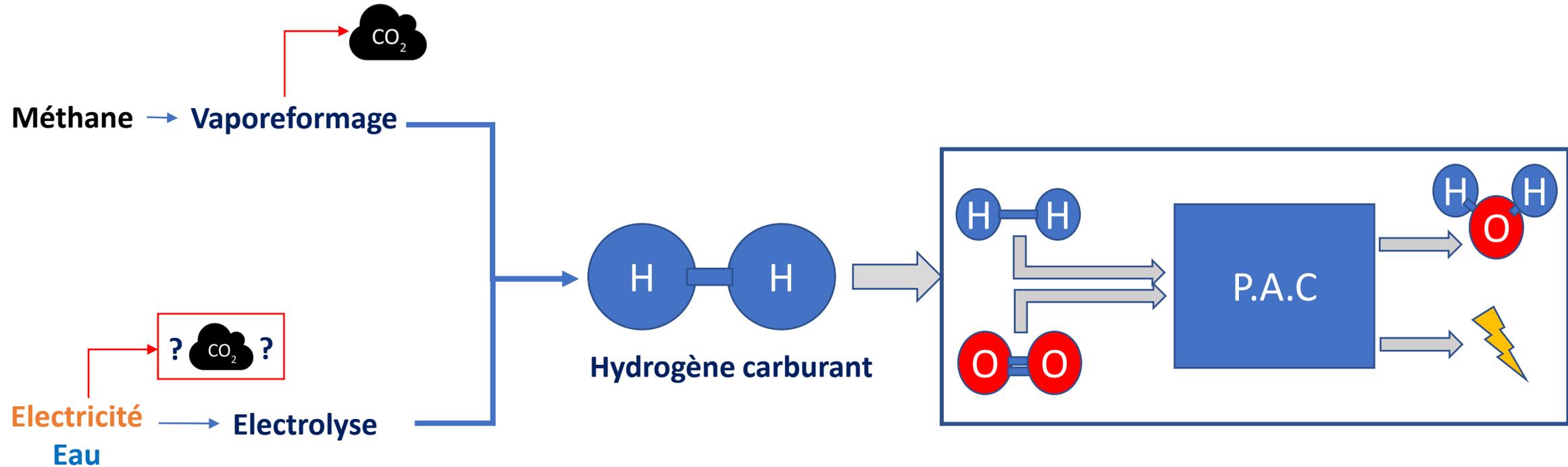
Présentation de la technologie

Hydrogène: Principe fondamental



Présentation de la technologie

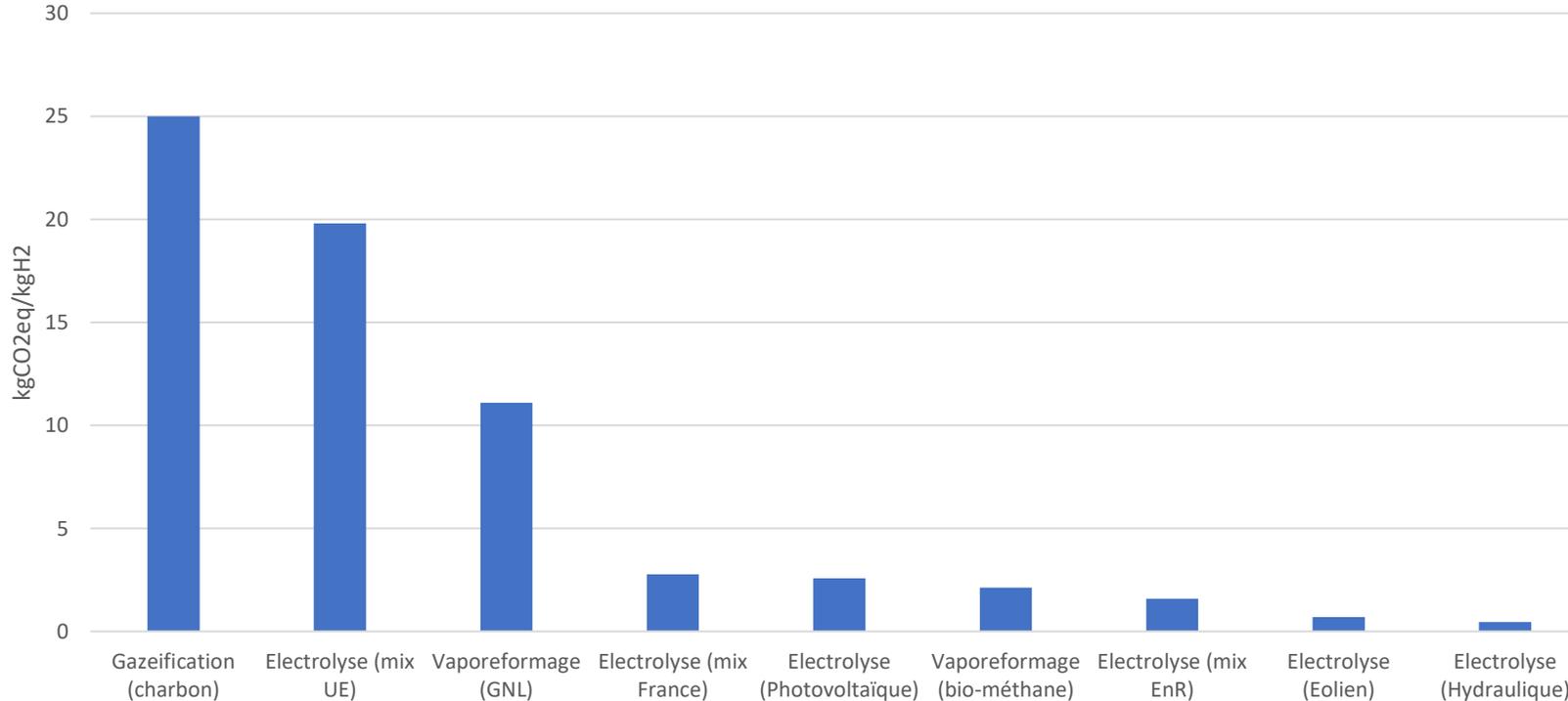
Hydrogène: Production



Présentation de la technologie

Hydrogène: Production

Emissions carbone par mode de production d'hydrogène

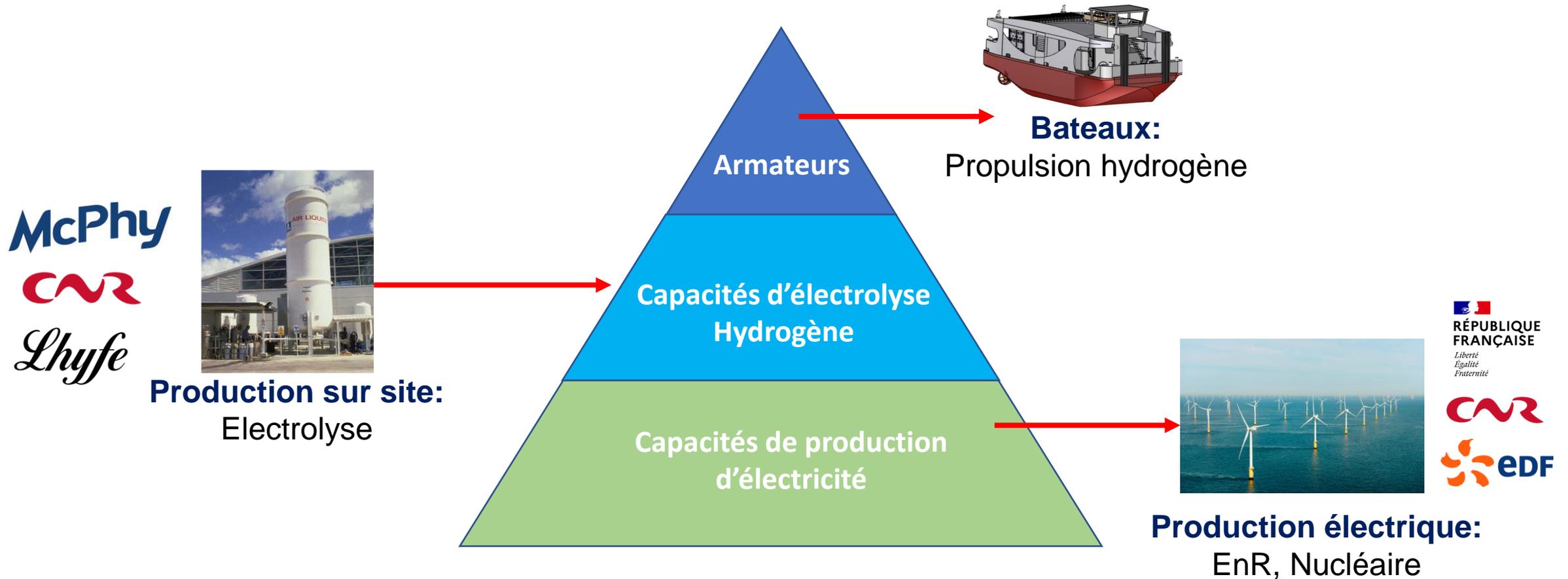


Vecteur	Facteur d'emission kgCO ₂ eq/kgH ₂
Gazeification (charbon)	25
Electrolyse (mix UE)	19.8
Vaporeformage (GNL)	11.1
Electrolyse (mix France)	2.77
Electrolyse (Photovoltaïque)	2.58
Vaporeformage (bio-méthane)	2.13
Electrolyse (mix EnR)	1.59
Electrolyse (Eolien)	0.7
Electrolyse (Hydraulique)	0.45

Source: ADEME Base carbone

Présentation de la technologie

Hydrogène: Transition énergétique



Présentation de la technologie

Pile à combustible

La pile à combustible à hydrogène:

- Convertit l'énergie de l'hydrogène en **électricité** et en **eau**.
- Sont largement **utilisées depuis des décennies**, les premières **applications marines/fluviales sont désormais disponibles**.
- De nombreux systèmes sont proposés **conteneurisés**.



200kW Fuel Cell from Helion



320kW Fuel Cell from Corvus



200kW Fuel Cell from Ballard



3.2 MW container from TECO 2030

Présentation de la technologie

Autonomie à l'hydrogène: *Considérations pratiques sur la densité*

Diesel

Densité: 883 kg/m³

Energie: 42.8 MJ/kg

→ Total: 37 792 MJ / m³

**Hydrogène compressé
700 bars**

Densité: 42 kg/m³

Energie: 120 MJ/kg

→ Total: 5 040 MJ / m³

**Hydrogène liquide
-250°C**

Densité: 70 kg/m³

Energie: 120 MJ/kg

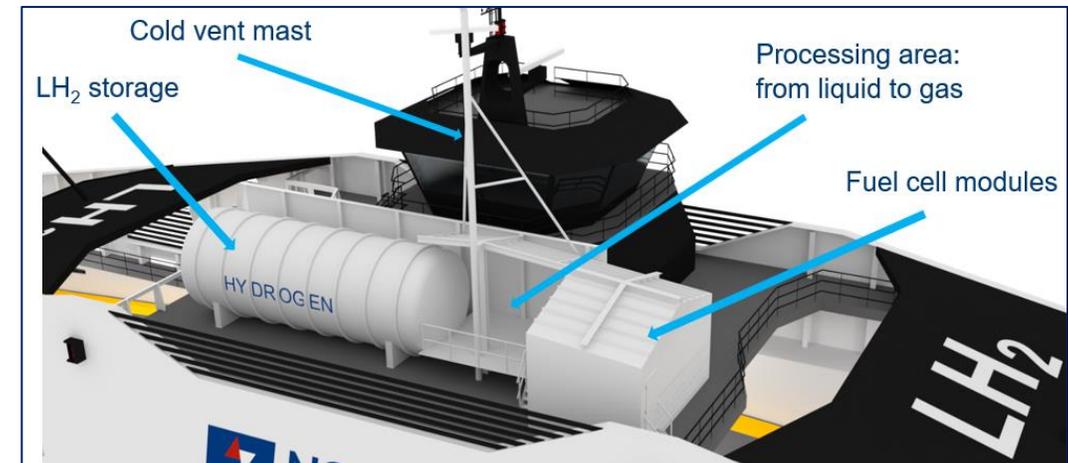
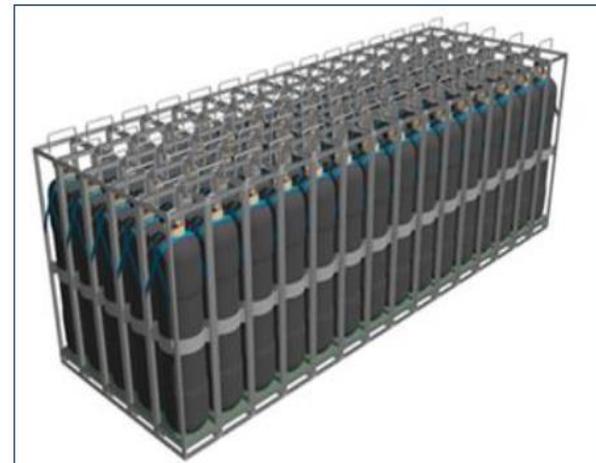
→ Total: 8 400 MJ / m³

Présentation de la technologie

Stockage d'hydrogène carburant

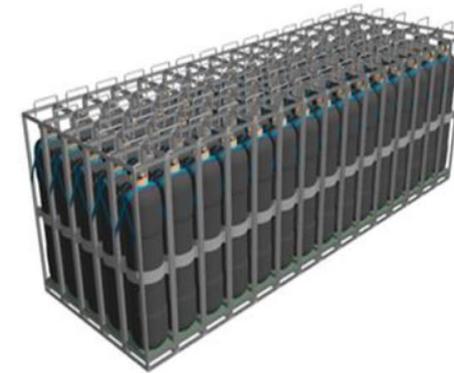
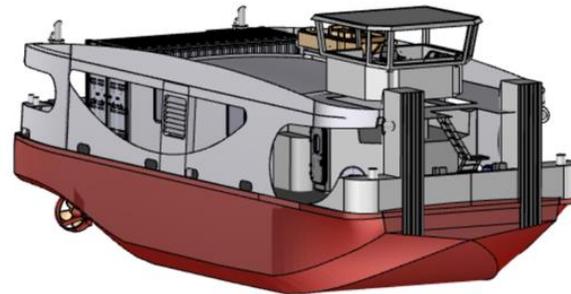
Le stockage d'hydrogène comprimé ou liquide sous forme de conteneur est souvent une bonne solution pour la chaîne d'approvisionnement.

Les conteneurs sont développés par de grands groupes industriels, ayant des références dans d'autres secteurs industriels, tels que Linde, Air Liquide, Chart Ferox, MAN Cryo, Wystrach, Exagon, Umoe, etc.



Présentation de la technologie

Autonomie à l'hydrogène: *Considérations pratiques sur la densité*



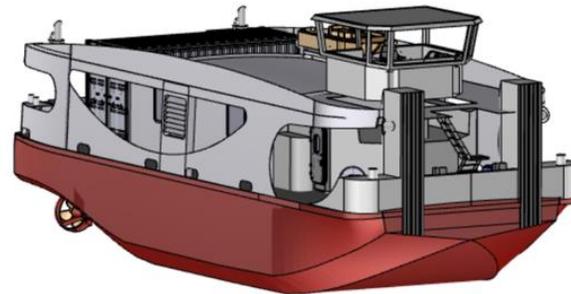
Volumes de soutes disponible (diesel)

Hydrogène comprimé
700 bars

7.5 x moins d'énergie disponible

Présentation de la technologie

Autonomie à l'hydrogène: *Considérations pratiques sur la densité*



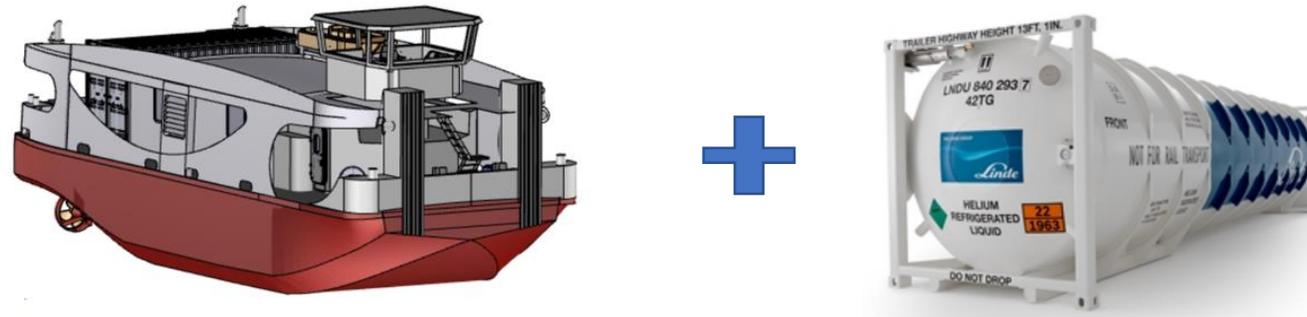
Volumes de soutes disponible (diesel)

Hydrogène liquide
-250°C

4.5 x moins d'énergie disponible

Présentation de la technologie

Autonomie à l'hydrogène: *Considérations pratiques sur la densité*



- Augmenter de 5 à 8 fois le volume de soutes
- Augmenter de 5 à 8 fois la fréquence de soutage
- Limiter la consommation, augmenter le volume de soutes, augmenter la fréquence de soutage

Présentation de la technologie

Sécurité: *Risques spécifiques à l'hydrogène*

Properties		Hydrogen	Methane
Inflammability range	(vol.%)	4 - 75	5.3 - 15
Explosivity range	(vol.%)	13 - 65	6.3 - 13.5
Minimal activation energy in air	(mJ)	0.02	0.29
Combustion energy	(kJ/g)	120	50
Flash point temperature	(°C)	585	540
Flame's temperature	(°C)	2045	1875
Theoretical explosive energy	(kgTNT/m ³)	2.02	7.03
Diffusive coefficient in air	(cm ² /s)	0.61	0.16

Présentation de la technologie

Sécurité: Risques spécifiques à l'hydrogène

Properties		Hydrogen	Methane
Inflammability range	(vol.%)	4 - 75	5.3 - 15
Explosivity range	(vol.%)	13 - 65	6.3 - 13.5
Minimal activation energy in air	(mJ)	0.02	0.29
Combustion energy	(kJ/g)	120	50
Flash point temperature	(°C)	585	540
Flame's temperature	(°C)	2045	1875
Theoretical explosive energy	(kgTNT/m ³)	2.02	7.03
Diffusive coefficient in air	(cm ² /s)	0.61	0.16

- La **plage explosive/inflammable** du mélange gaz-air est **plus large** pour l'H₂

Présentation de la technologie

Sécurité: Risques spécifiques à l'hydrogène

Properties		Hydrogen	Methane
Inflammability range	(vol.%)	4 - 75	5.3 - 15
Explosivity range	(vol.%)	13 - 65	6.3 - 13.5
Minimal activation energy in air	(mJ)	0.02	0.29
Combustion energy	(kJ/g)	120	50
Flash point temperature	(°C)	585	540
Flame's temperature	(°C)	2045	1875
Theoretical explosive energy	(kgTNT/m ³)	2.02	7.03
Diffusive coefficient in air	(cm ² /s)	0.61	0.16

- *La plage explosive/inflammable du mélange gaz-air est plus large pour l'H₂*
- **10x moins d'énergie** est nécessaire **pour enflammer** le nuage de gaz

Présentation de la technologie

Sécurité: Risques spécifiques à l'hydrogène

Properties		Hydrogen	Methane
Inflammability range	(vol.%)	4 - 75	5.3 - 15
Explosivity range	(vol.%)	13 - 65	6.3 - 13.5
Minimal activation energy in air	(mJ)	0.02	0.29
Combustion energy	(kJ/g)	120	50
Flash point temperature	(°C)	585	540
Flame's temperature	(°C)	2045	1875
Theoretical explosive energy	(kgTNT/m ³)	2.02	7.03
Diffusive coefficient in air	(cm ² /s)	0.61	0.16

- *La plage explosive/inflammable du mélange gaz-air est plus large pour l'H₂*
- *10x moins d'énergie est nécessaire pour enflammer le nuage de gaz*
- **Plus d'énergie** est relâchée en cas d'**explosion**, à plus **haute température**

Présentation de la technologie

Sécurité: Risques spécifiques à l'hydrogène

Properties		Hydrogen	Methane
Inflammability range	(vol.%)	4 - 75	5.3 - 15
Explosivity range	(vol.%)	13 - 65	6.3 - 13.5
Minimal activation energy in air	(mJ)	0.02	0.29
Combustion energy	(kJ/g)	120	50
Flash point temperature	(°C)	585	540
Flame's temperature	(°C)	2045	1875
Theoretical explosive energy	(kgTNT/m ³)	2.02	7.03
Diffusive coefficient in air	(cm ² /s)	0.61	0.16

- La plage explosive/inflammable du mélange gaz-air est plus large pour l'H₂
- 10x moins d'énergie est nécessaire pour enflammer le nuage de gaz
- Plus d'énergie est relachée en cas d'explosion, à plus haute temperature
- L'hydrogène est **plus léger** et se **diffuse plus rapidement** dans l'air

Présentation de la technologie

Sécurité: Conséquences pratiques

Règle d'or:

Eviter les fuites en espace confiné

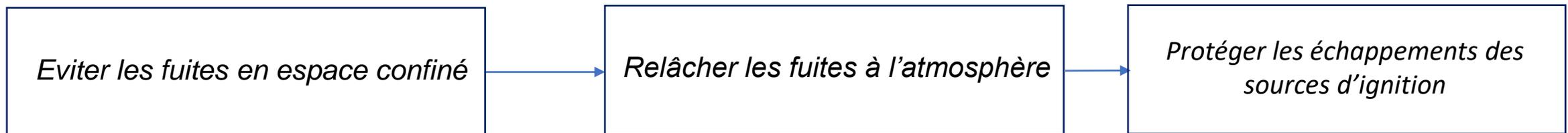
Relâcher les fuites à l'atmosphère

Protéger les échappements des sources d'ignition

Présentation de la technologie

Sécurité: Conséquences pratiques

Règle d'or:

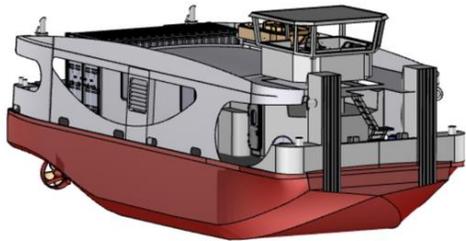


 **Default !**

- Fuite contenue — 1. *Double enveloppe* pour les canalisations de gaz en espace confiné
- Fuite stoppé — 2. *Détection gaz* et *coupure automatique* d'H₂
- Fuite évacué — 3. *Collecte des fuites* vers le *Mât de dégazage*
- 4. *Protection incendie* généralisée
- Libération en sécurité du gaz — 5. *Utilisation d'équipements ATEX* à proximité du mât

Présentation de la technologie

Exemple d'application:



Flagship: Pousseur de barges

- 400kW Piles à combustibles
- 300 kg d'hydrogène @ 300 bars



Flagship: Barge autopropulsée

- 400kW Piles à combustibles
- 300 kg d'hydrogène @ 300 bars



Flagship: Barge conteneurs

- 600kW Piles à combustibles
- 1000 kg d'hydrogène @ 300 bars



Elektra: Pousseur de barges

- 300kW Piles à combustibles
- 750 kg d'hydrogène @ 500 bars



Hydra: Ferry amphidrome

- 400kW Piles à combustibles
- 3.6 t d'hydrogène @ -250 °C



Hydromer: drague à hydrogène

- 200kW Piles à combustibles
- 1700 kg d'hydrogène @ 380 bars



Baliseur océanique à hydrogène

- 80kW Piles à combustibles
- 450 kg d'hydrogène @ 500 bars

Présentation de la méthode d'analyse



Méthodologie de travail

Méthodologie: Etude de concept de bateau H2

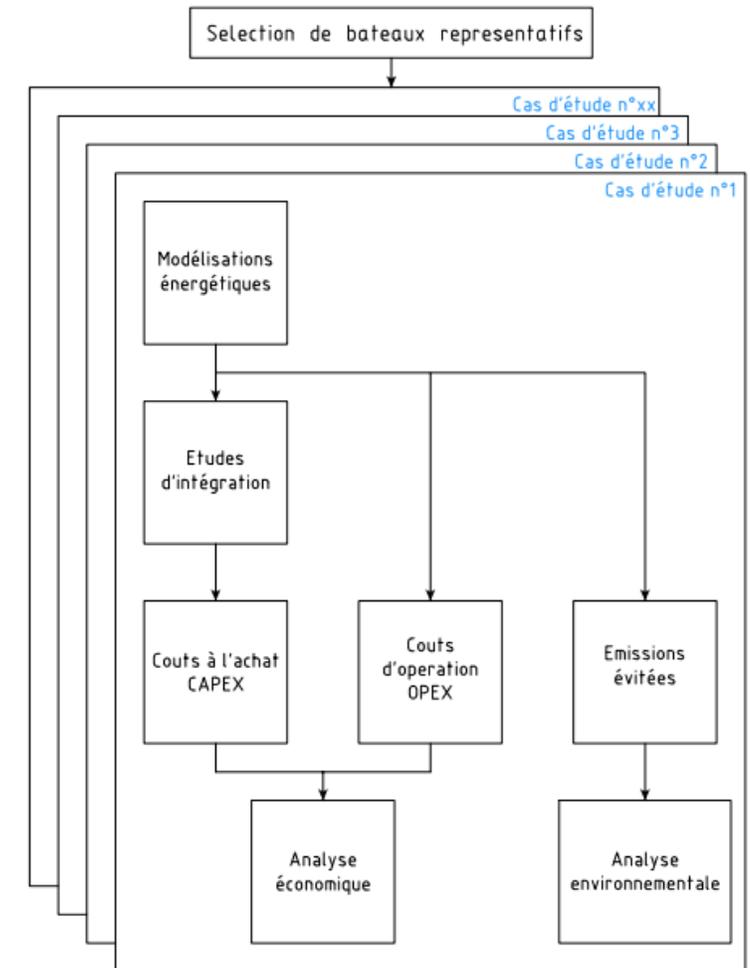
- Pour chaque bateau d'étude

Étude de faisabilité

1. Création de modèles énergétiques de bateaux
2. Mise en plan d'architecture prop. à H2

- Evaluation de couts conversions CAPEX
- Evaluation de couts d'opération OPEX
- Calcul des emissions évitées

Calcul coûts/bénéfices



Méthodologie de travail

Travaux de modélisation:

Objectif: Déterminer les besoins en hydrogène (stockage) bateau par bateau

Méthodologie de travail

Travaux de modélisation:

Objectif: Déterminer les besoins en hydrogène (stockage) bateau par bateau

Méthode de travail:

1. Construction de modèles des bateaux (version diesel et H2)

Méthodologie de travail

Travaux de modélisation:

Objectif: Déterminer les besoins en hydrogène (stockage) bateau par bateau

Méthode de travail:

1. Construction de modèles des bateaux (version diesel et H₂)
2. Validation des prédictions de consommation avec mesure à bord (diesel)

Méthodologie de travail

Travaux de modélisation:

Objectif: Déterminer les besoins en hydrogène (stockage) bateau par bateau

Méthode de travail:

1. Construction de modèles des bateaux (version diesel et H₂)
2. Validation des prédictions de consommation avec mesure à bord (diesel)
3. Calcul de la consommation du bateau (version hydrogène)

Méthodologie de travail

Travaux de modélisation:

Objectif: Déterminer les besoins en hydrogène (stockage) bateau par bateau

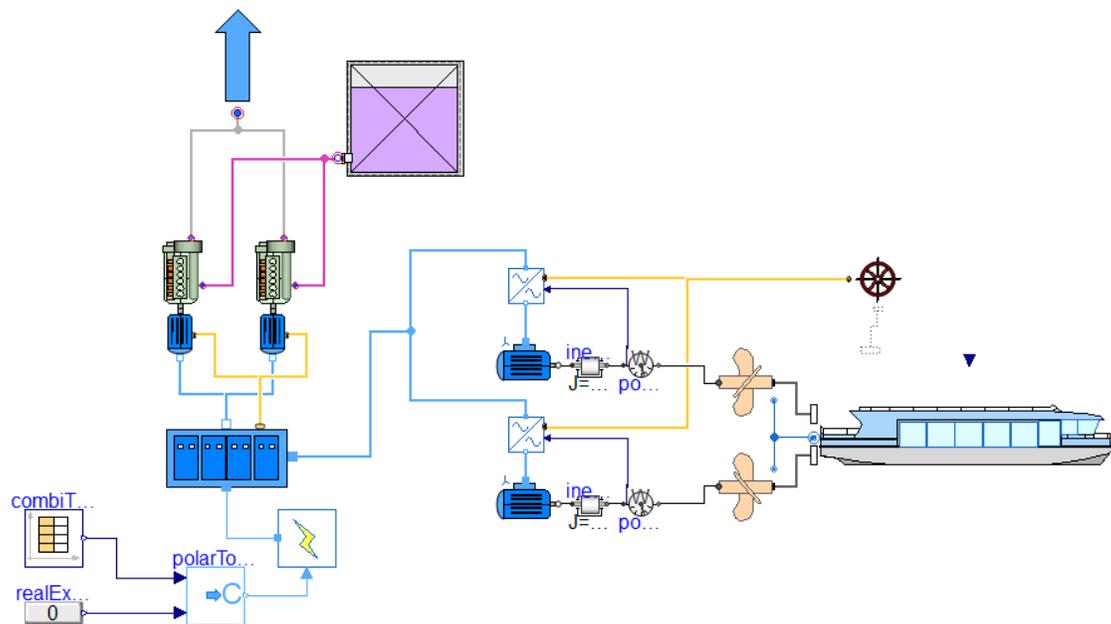
Méthode de travail:

1. Construction de modèles des bateaux (version diesel et H₂)
2. Validation des prédictions de consommation avec mesure à bord (diesel)
3. Calcul de la consommation du bateau (version hydrogène)

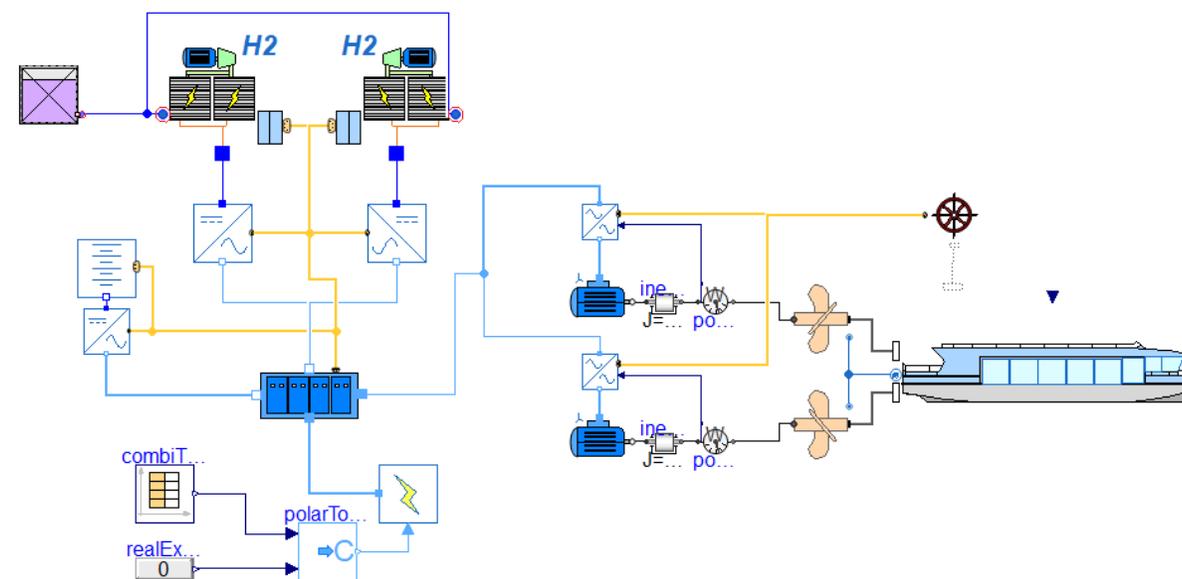
Outil de travail: Modèles théorique / Modèles de données + Support informatique

Méthodologie de travail

Travaux de modélisation:



Vue graphique modèle Navilys II - Référence



Vue graphique modèle Navilys II – Version H2

Méthodologie de travail

Travaux de modélisation:

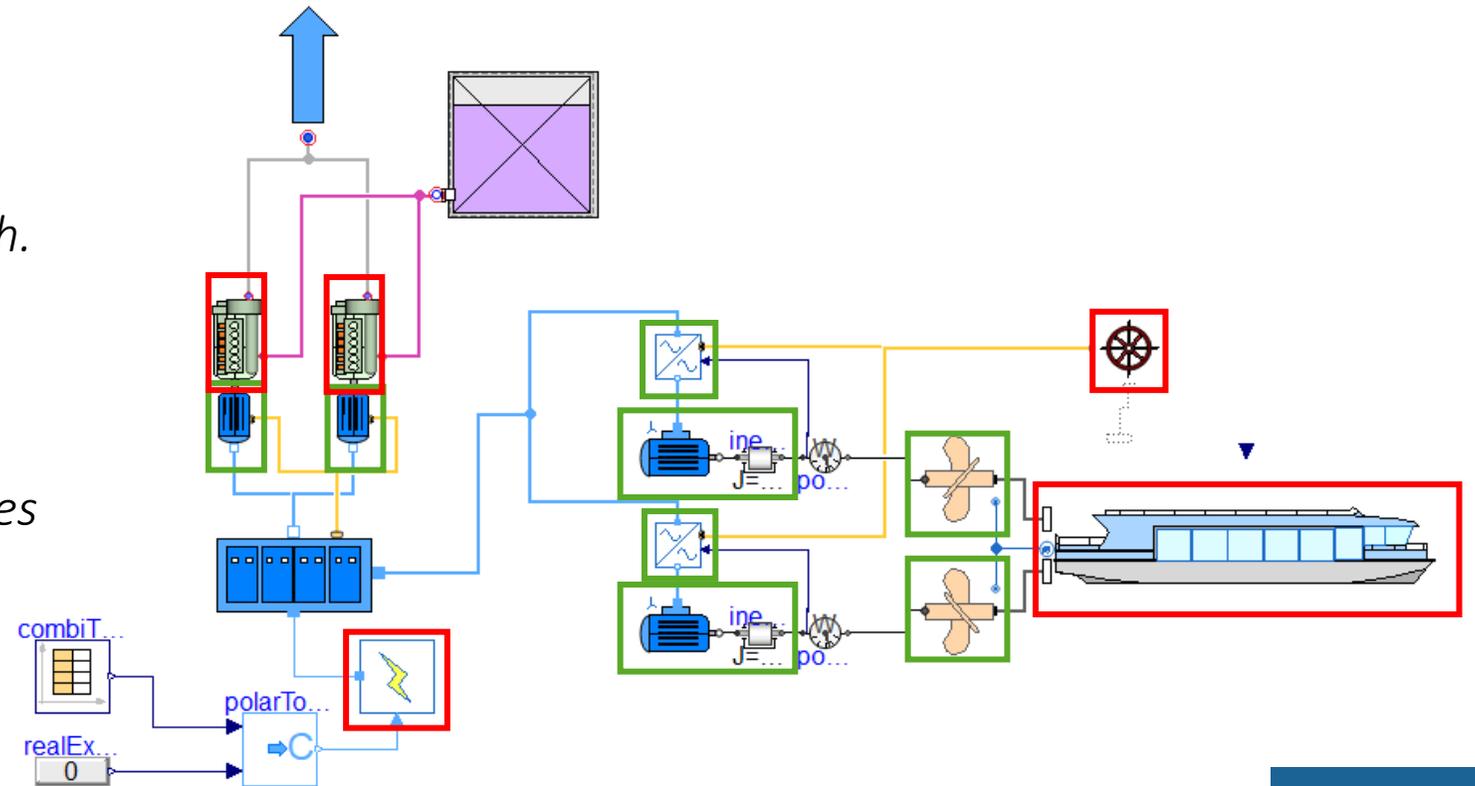
Vert: Modèles théoriques

Paramétré avec documentation tech.

Rouge: Modèles de données

Paramétré avec une base de données

- *Resistance avancement*
- *Efficacité des moteurs*
- *Contrôle du bateau*



Méthodologie de travail

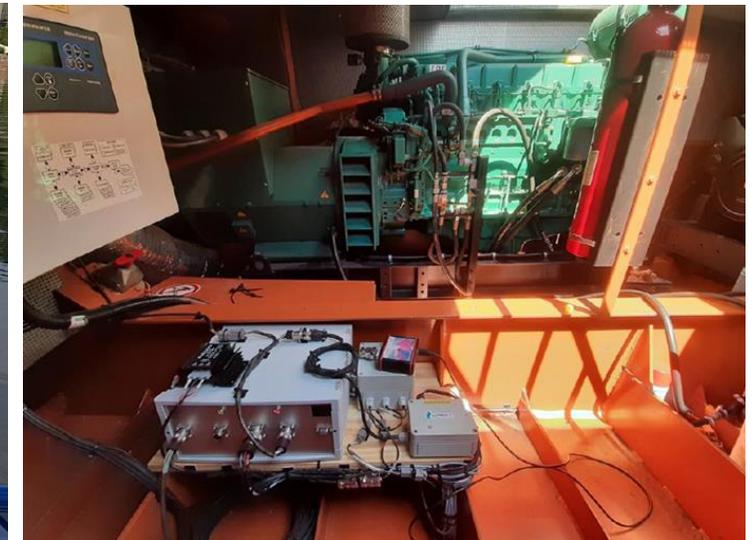
Travaux de modélisation: Acquisition de données (campagne de mesure CRMT)

Interpolation R carène:

- Vitesse GPS
- Compte tour Hélice
- Puissance arbe hélice
 - Débit mètre moteur prop ou
 - Wattmetre moteur elec

Interpolation conso. Spec:

- Compte-tour moteurs
- Débitmètre fuel moteurs



Méthodologie de travail

Travaux de modélisation: Acquisition de données (campagne de mesure CRMT)



Interval: Aout-Sept. 2022
Volume: 72 h (270.k points)

R. Carène ✓
Moteurs prop ✓
Moteurs aux ✓



Interval: Sept-Oct. 2022
Volume: 64 h (230.k points)

R. Carène ✓
Moteurs prop ✓
Moteurs aux ✓



Interval: Sept-Oct. 2022
Volume: 65 h (235.k points)

R. Carène ✓
Moteurs prop ✓
Moteurs aux ✓



Interval: Mars-Avril. 2022
Volume: 40 h (144.k points)

R. Carène ✗
Moteurs prop ✓
Moteurs aux ✓

Méthodologie de travail

Travaux de modélisation: Acquisition de données (campagne de mesure PROMOVAN)



Interval: Mars-Juin. 2014

R. Carène ✗
Moteurs prop ✓
Moteurs aux ✓

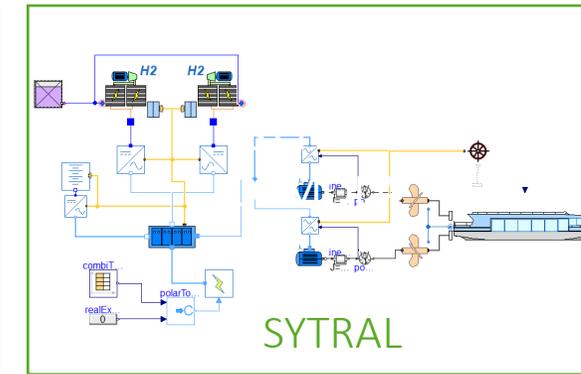
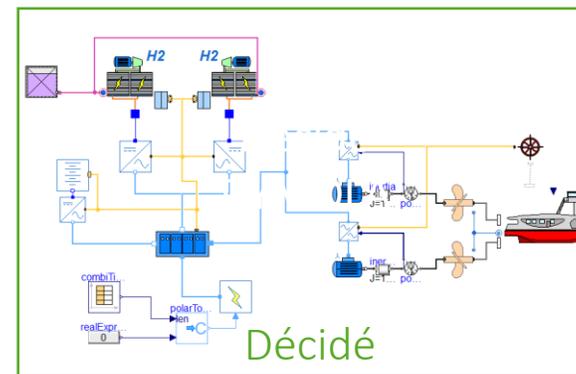
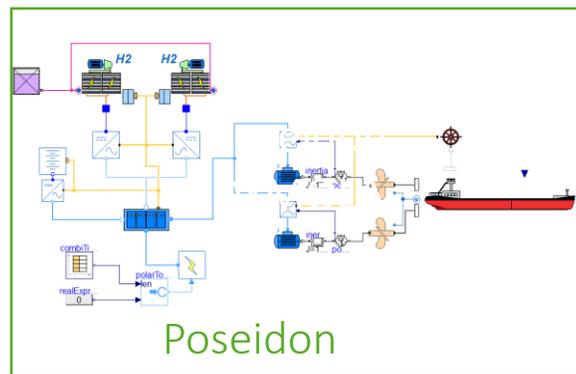
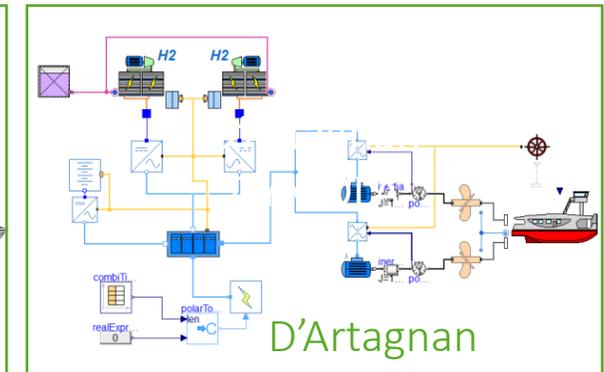
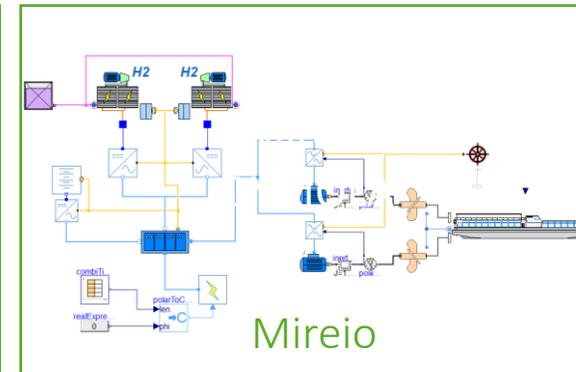
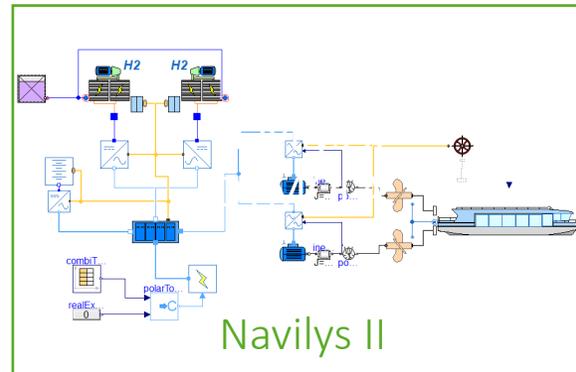
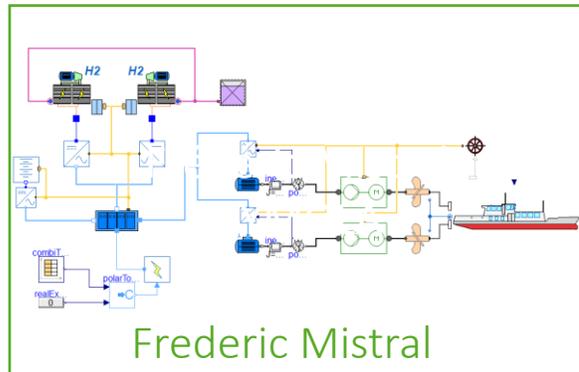


Interval: Mars-Juin. 2014

R. Carène ✗
Moteurs prop ✓
Moteurs aux ✓

Méthodologie de travail

Travaux de modélisation: TOTAL 7 modélisations abouties



Méthodologie de travail

Etudes d'intégration

Objectif: Etudier la faisabilité tech. de la conversion des bateaux à hydrogène

Méthodologie de travail

Etudes d'intégration

Objectif: Etudier la faisabilité tech. de la conversion des bateaux à hydrogène

Méthode de travail:

1. Revue tech des produits de stockage d'H₂ (CH₂ / LH₂)
2. Revue tech. des produits de piles à combustible PEM

Méthodologie de travail

Etudes d'intégration

Objectif: Etudier la faisabilité tech. de la conversion des bateaux à hydrogène

Méthode de travail:

1. Revue tech des produits de stockage d'H₂ (CH₂ / LH₂)
2. Revue tech. des produits de piles à combustible PEM
3. Comparaison besoins propulsifs/stockage H₂ et espace disponible à bord

Méthodologie de travail

Etudes d'intégration

Objectif: Etudier la faisabilité tech. de la conversion des bateaux à hydrogène

Méthode de travail:

1. Revue tech des produits de stockage d'H₂ (CH₂ / LH₂)
2. Revue tech. des produits de piles à combustible PEM
3. Comparaison besoins propulsifs/stockage H₂ et espace disponible à bord
4. Agencement de concepts de propulsion H₂ sur plans

Méthodologie de travail

Etudes d'intégration

Objectif: Etudier la faisabilité tech. de la conversion des bateaux à hydrogène

Méthode de travail:

1. Revue tech des produits de stockage d'H₂ (CH₂ / LH₂)
2. Revue tech. des produits de piles à combustible PEM
3. Comparaison besoins propulsifs/stockage H₂ et espace disponible à bord
4. Agencement de concepts de propulsion H₂ sur plans

Outils de travail: Plan d'arrangement détaillé / Outils informatique



Méthodologie de travail

Etudes d'intégration – Critères de faisabilité tech.

Entre autres...

Approvisionnement limite en H₂ vs Conso. Moyenne d'énergie à bord

Méthodologie de travail

Etudes d'intégration – Critères de faisabilité tech.

Entre autres...

Approvisionnement limite en H₂

vs

Conso. Moyenne d'énergie à bord

Calculée en fonction de:

- Capacité de stockage à bord
- Frequence max. de soutage

Calculée à partir de:

- Puissance moy. Consommée (modélisation)
- Temps de fonctionnement min. entre mise à quai

Méthodologie de travail

Etudes d'intégration – Critères de faisabilité tech.

Entre autres...

Approvisionnement limite en H₂

vs

Conso. Moyenne d'énergie à bord

Calculée en fonction de:

- Capacité de stockage à bord
- Frequence max. de soutage

Peut etre augmentee en:

- Stockant l'hydrogène à haute pression ou liquide
- Réduisant le temps entre soutage

Calculée à partir de:

- Puissance moy. Consommée (modélisation)
- Temps de fonctionnement min. entre mise à quai

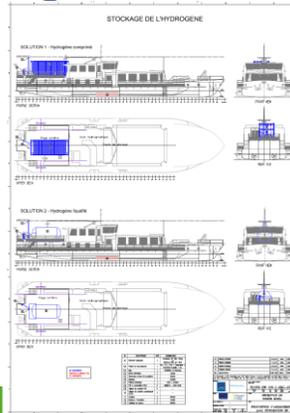
Peut etre réduite en:

- Limitant les apports des piles dans le mix du bateau (ex H₂ pour prod. elec)

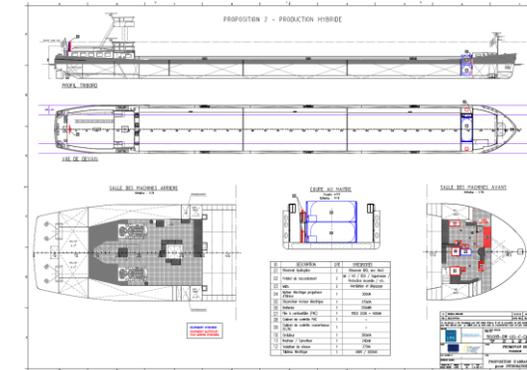
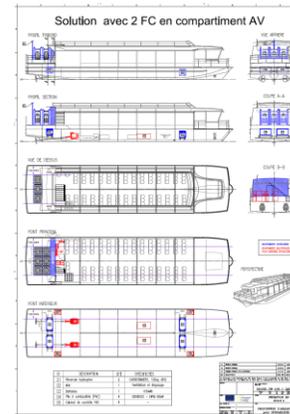
Méthodologie de travail

Etudes d'intégration : TOTAL 6 études

Frederic Mistral

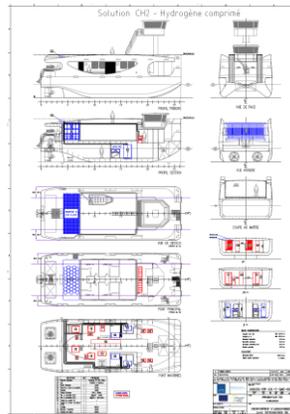


Navilys II

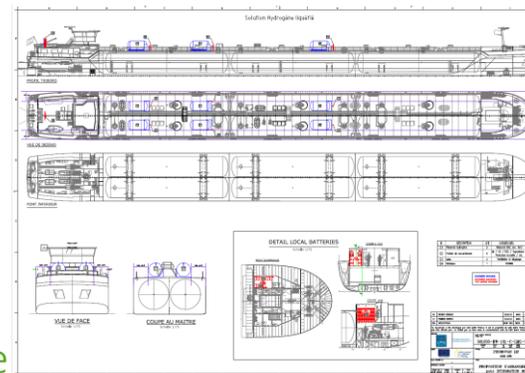


Poseidon

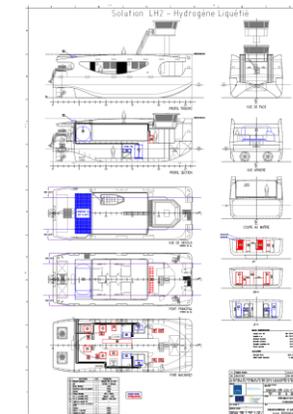
Décidé



KemOne



D'Artagnan



Méthodologie de travail

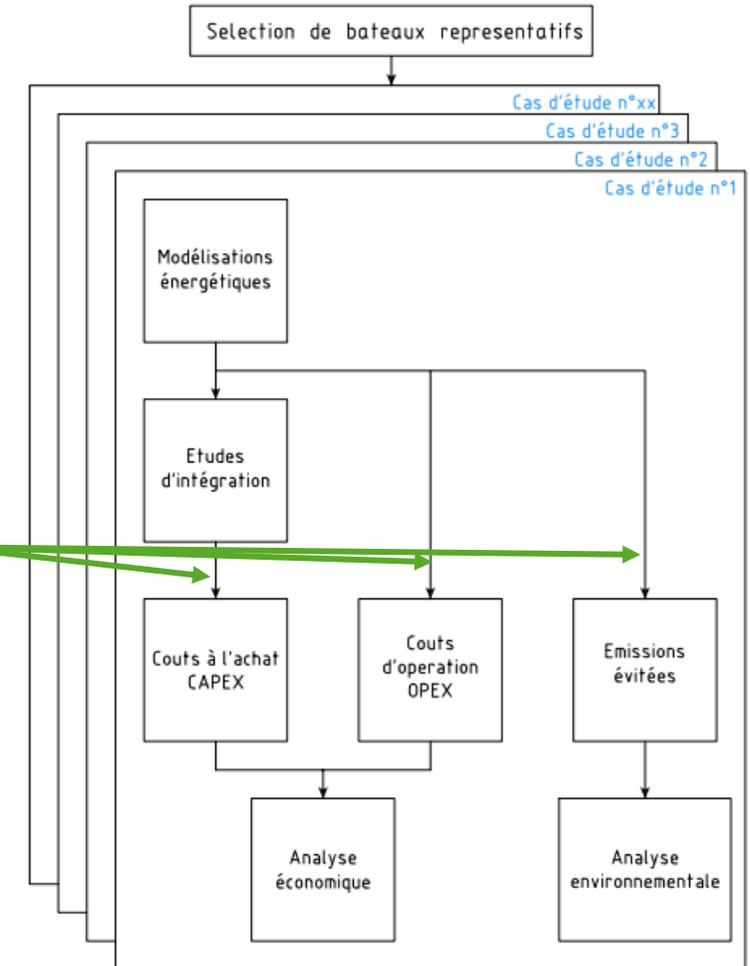
Méthodologie: Etude de concept de bateau H2

- Pour chaque bateau d'étude

Étude de faisabilité

1. Création de modèles énergétiques de bateaux
2. Mise en plan d'architecture prop. à H2

- Consommation moy. & schema appro.
- Liste des équipements du sys. propulsif H2
- Liste des équipements de sécurité



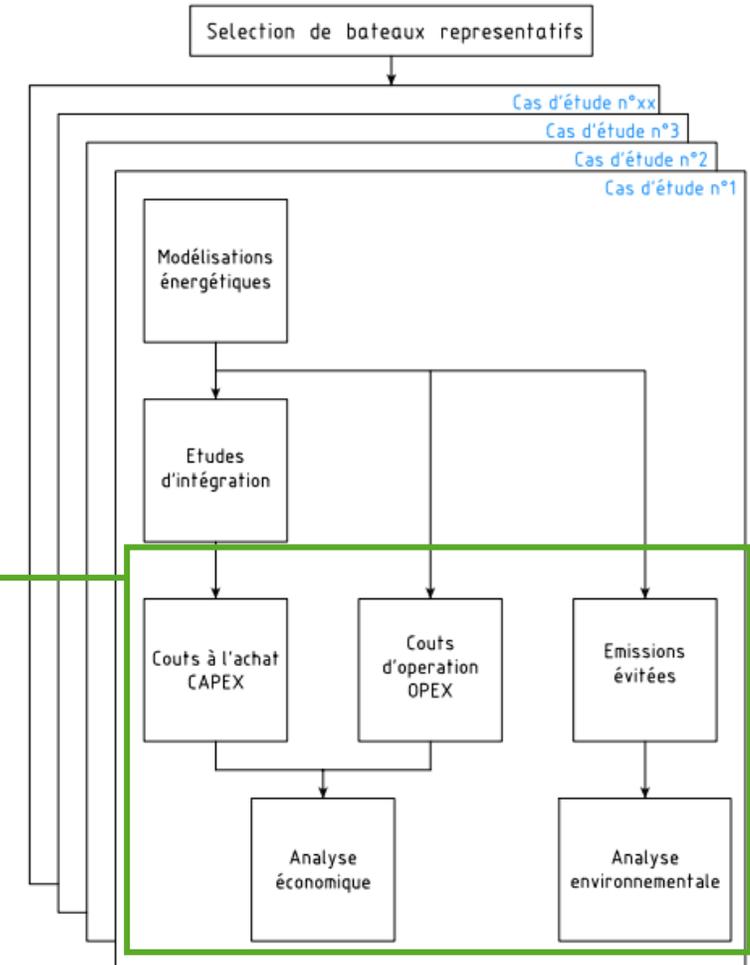
Méthodologie de travail

Méthodologie: Etude de concept de bateau H2

- Pour chaque bateau d'étude

Calcul coûts/bénéfices

- Evaluation de couts conversions CAPEX
- Evaluation de couts d'opération OPEX
- Calcul des emissions évitées



Méthodologie de travail

Méthodologie: Etudes technico-economiques – Bénéfices de l'H2

Calcul des émissions évitées

1. Comparaison conso. diesel et H2
2. Calcul d'un facteur d'émission diesel et H2 (kg_CO2/ kg_carburant)
3. Comparaison des émissions induites diesel/H2

Méthodologie de travail

Méthodologie: Etudes technico-economiques – Coûts de l'H2

Calcul économique OPEX

1. Comparaison conso. diesel et H2
2. Calcul d'un coût d'appro. (kg_CO2/ kg_carburant)
3. Calcul du surcoût de fonctionnement %

Calcul économique CAPEX

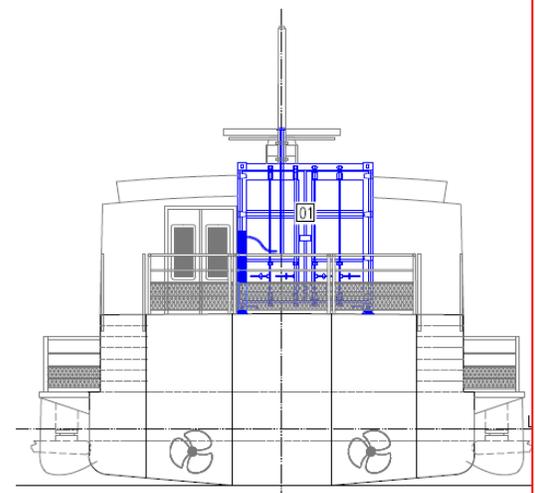
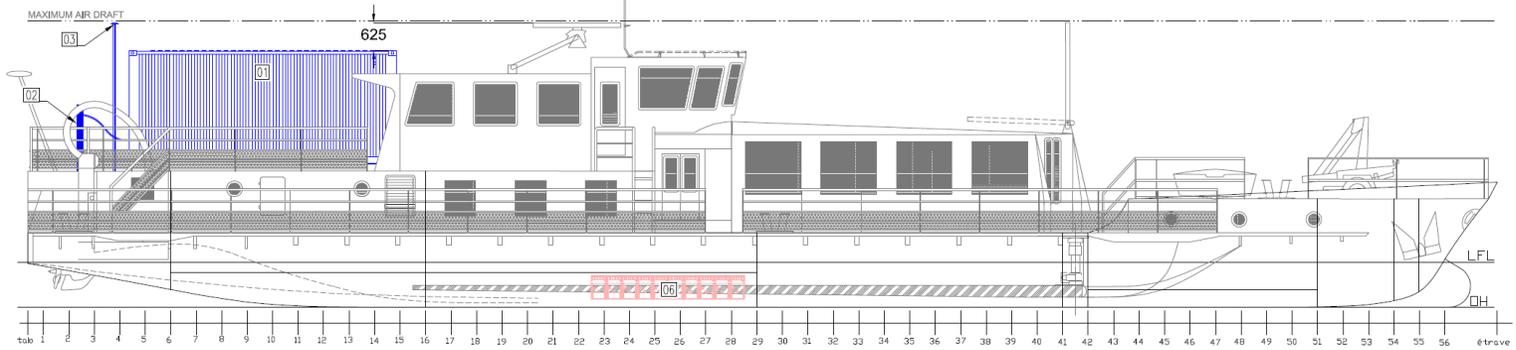
1. Liste des équipements nécessaires
2. Hypothèse de coûts d'achat

Presentation des résultats



Frédéric Mistral - CNR

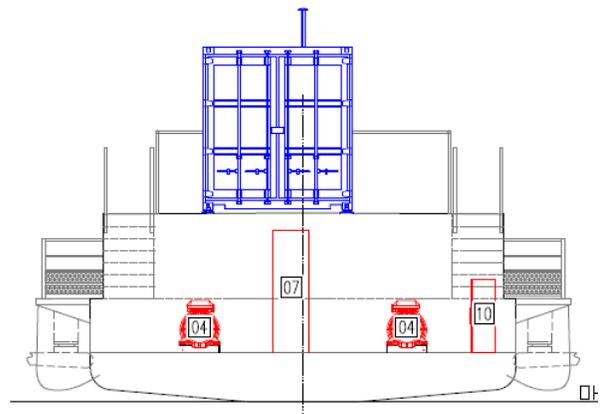
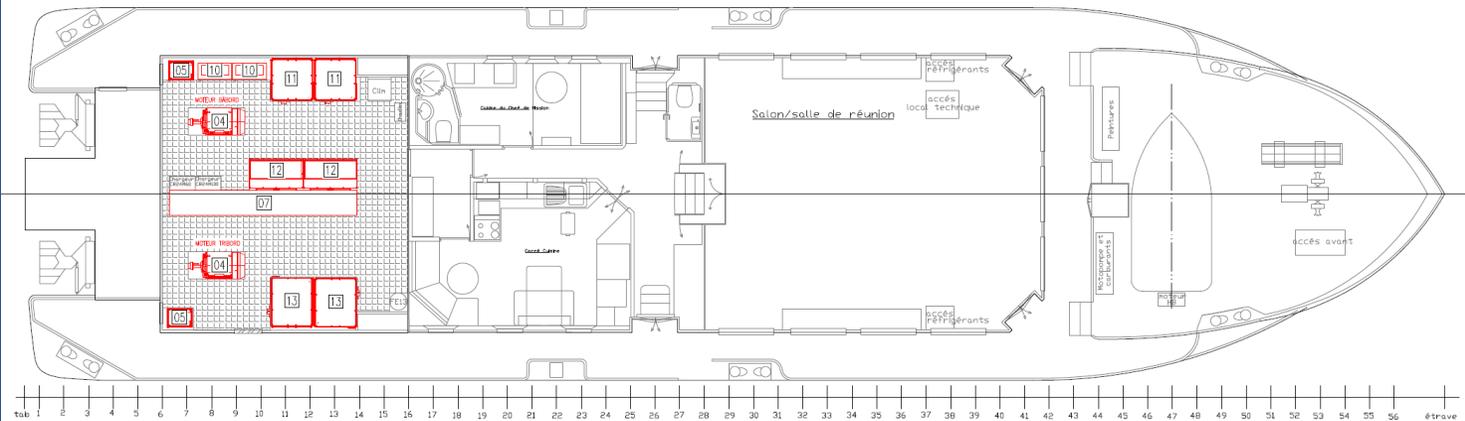
SOLUTION 1 - Hydrogène comprimé



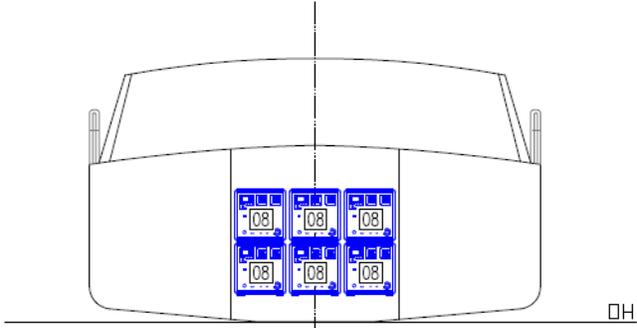
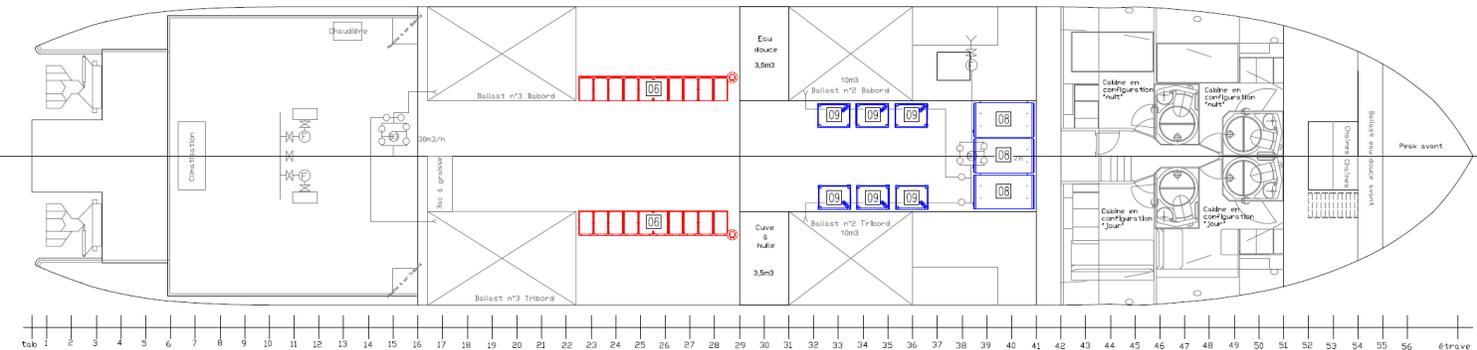
VUE ARRIERE

- Stockage:
CH2 500ou300 bars / 20'
- PACs:
6x 80 kW
- Batteries:
100 kWh
- Moteurs élec.
2x 165 kW /PF=0.8
/1500 rot/min/ 60Hz
- Tableau élec.
400-220V / 60 Hz / kVA

POSITIONNEMENT ÉQUIPEMENTS en salle des machines



SOLUTION 1 - 6 PILES A COMBUSTIBLES EMPILÉES en compartiment technique (Fr 29 à 41)

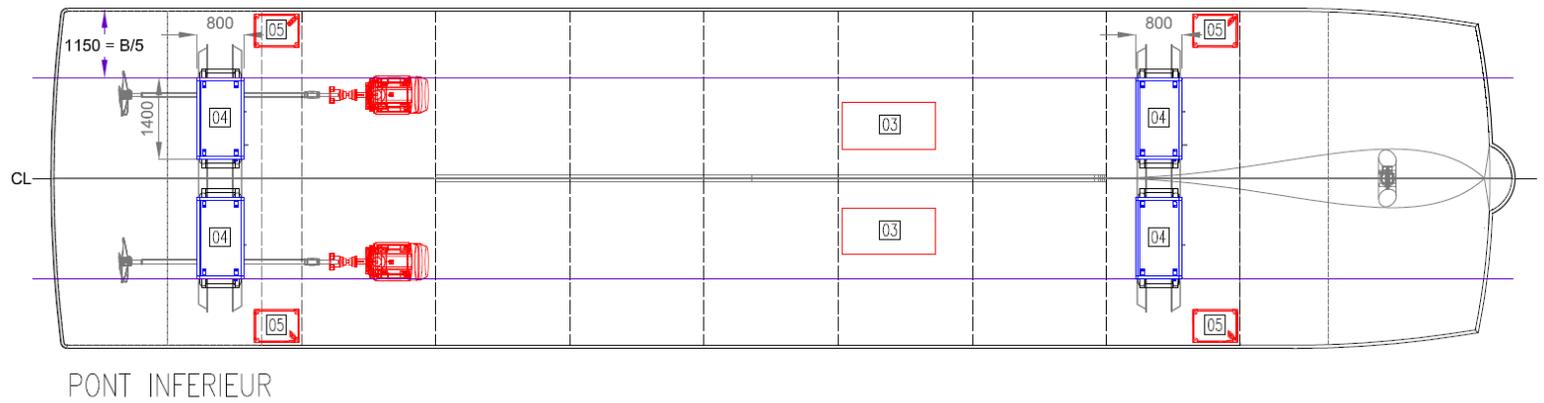
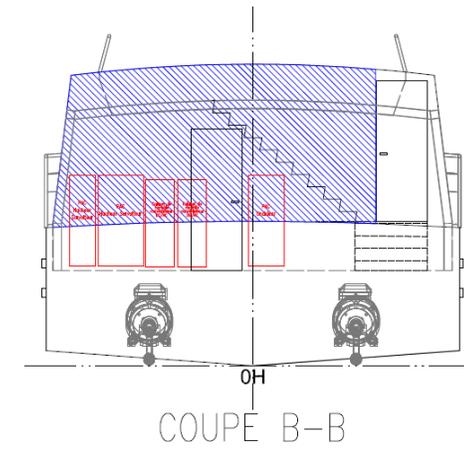
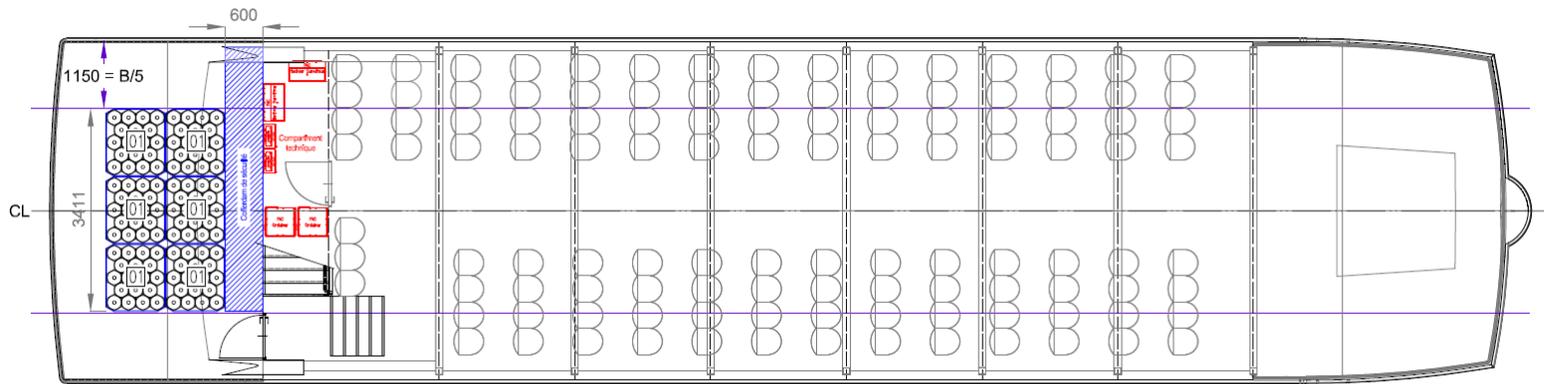
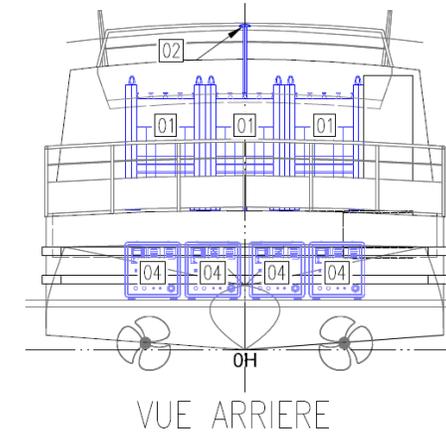
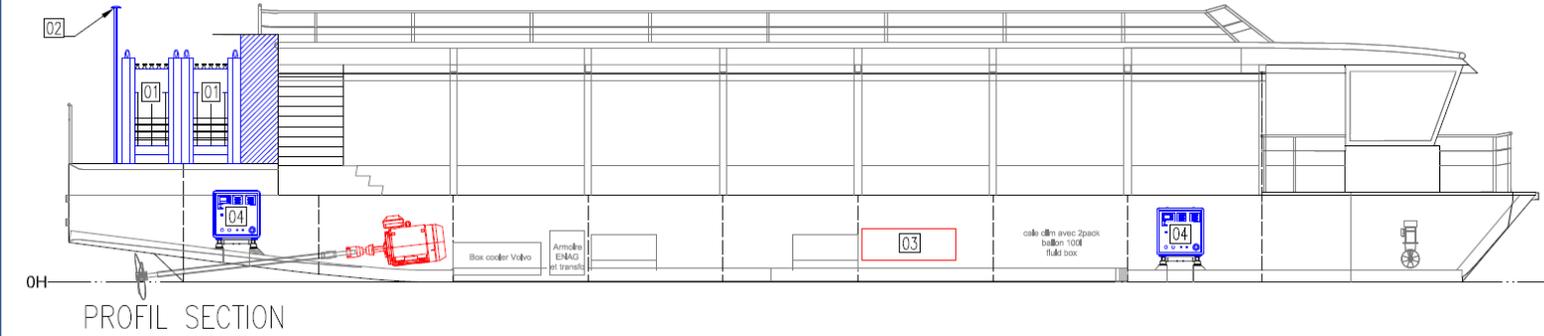


COUPLE N#40

- Emissions évitées:
80-90%
- Estimations CAPEX:
1.8M€
- Surcoût ops:
25-30%
(à DO 1€/l et H2 à 7€/kg)

Navyls II – Bateaux Lyonnais

Stockage:
 CH2 500ou300 bars / 20'
PACs:
 6x 80 kW
Batteries:
 100 kWh
Moteurs élec.
 2x 165 kW /PF=0.8
 /1500 rot/min/ 60Hz
Tableau élec:
 400-220V / 60 Hz / kVA



Emissions évitées:
 80-90%
Estimations CAPEX:
 1.1M€
Surcoût ops:
 25-30%
(à DO 1€/l et H2 à 7€/kg)

Mireio – Grands Bateaux de Provence

Stockage:

CH2 500ou300 bars / 20'

PACs:

6x 80 kW

Batteries:

100 kWh

Moteurs élec.

2x 165 kW /PF=0.8

/1500 rot/min/ 60Hz

Tableau élec:

400-220V / 60 Hz / kVA

Plan d'integration non-disponible

Emissions évitées:

XX%

Estimations CAPEX:

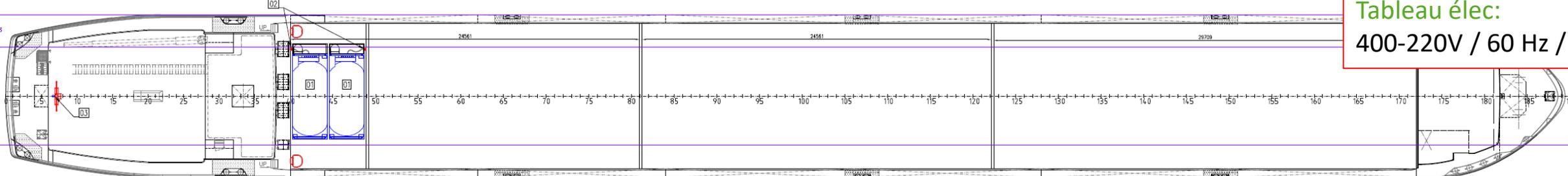
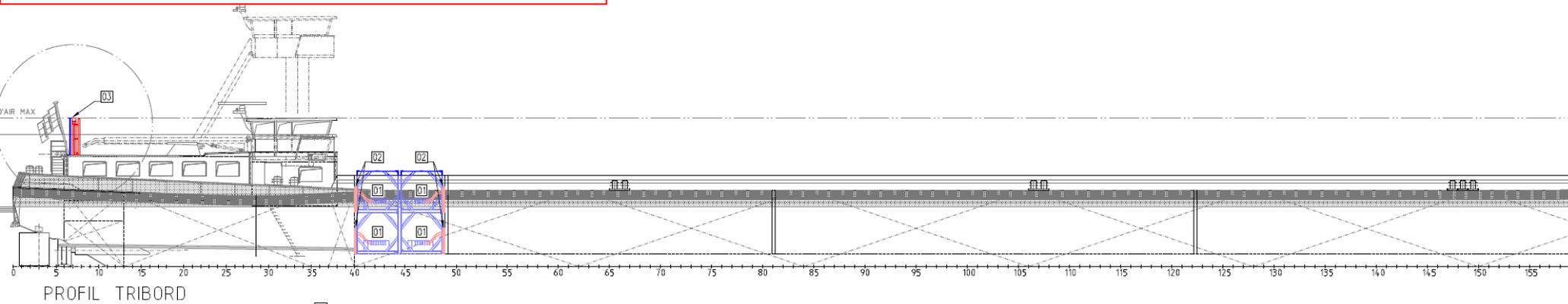
3.3M€

Surcoût ops:

XX%

(à DO 1€/l et H2 à 7€/kg)

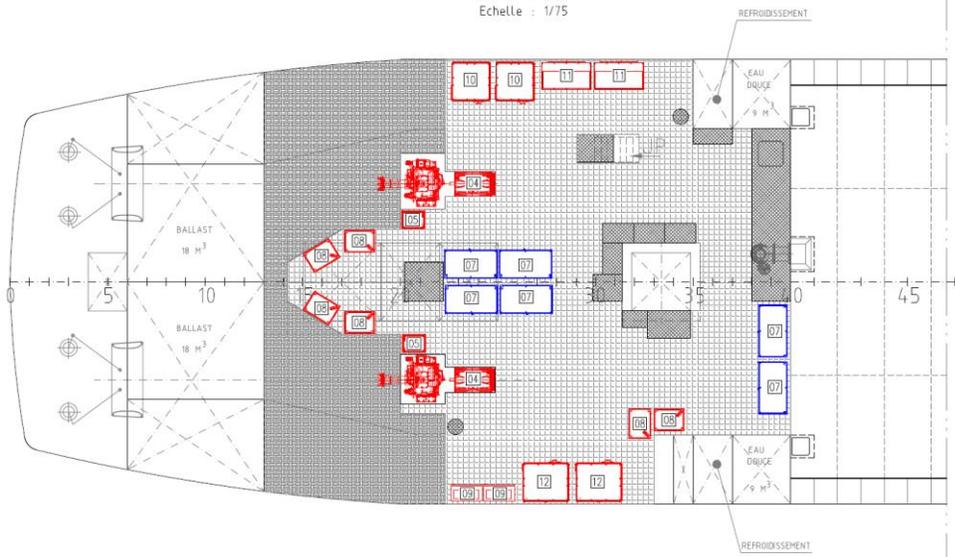
Automoteur 110m - Sogestran



Stockage:
CH2 500ou300 bars / 20'
PACs:
6x 80 kW
Batteries:
100 kWh
Moteurs élec.
2x 165 kW /PF=0.8
/1500 rot/min/ 60Hz
Tableau élec:
400-220V / 60 Hz / kVA

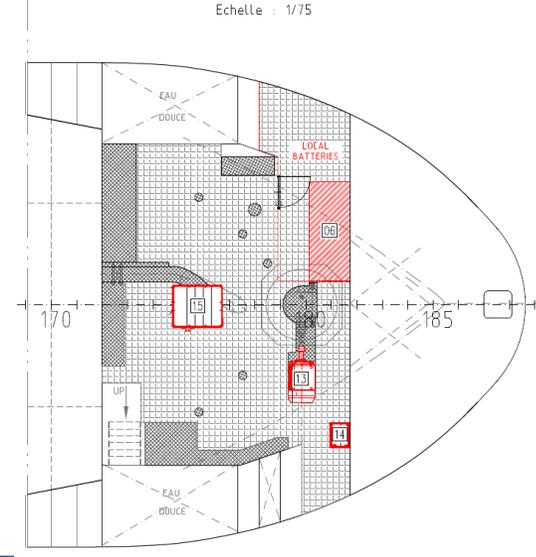
SALLE DES MACHINES ARRIERE

Echelle : 1/75



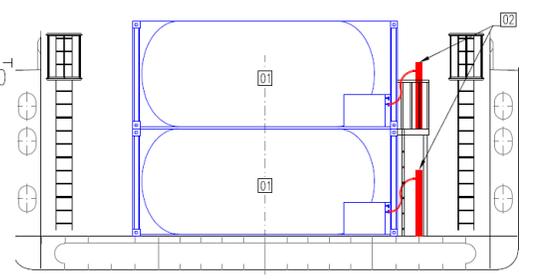
SALLE DES MACHINES AVANT

Echelle : 1/75



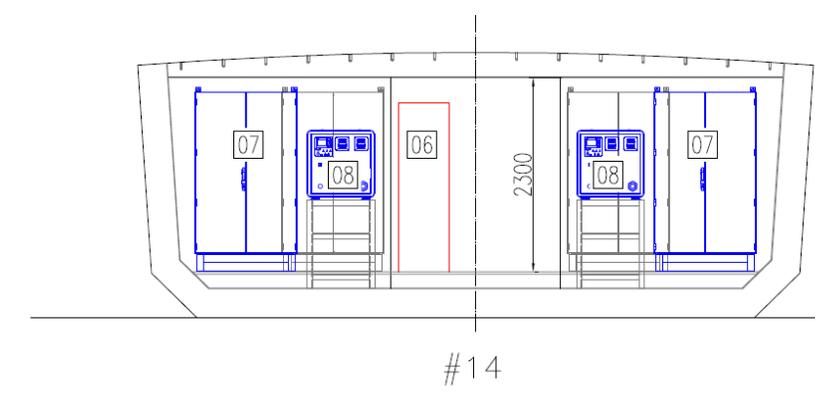
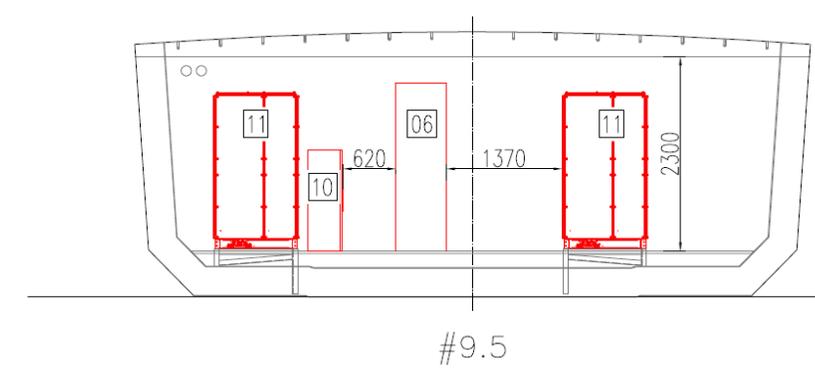
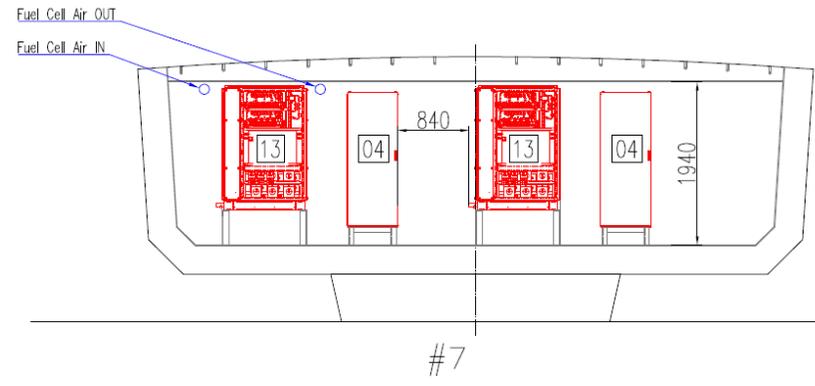
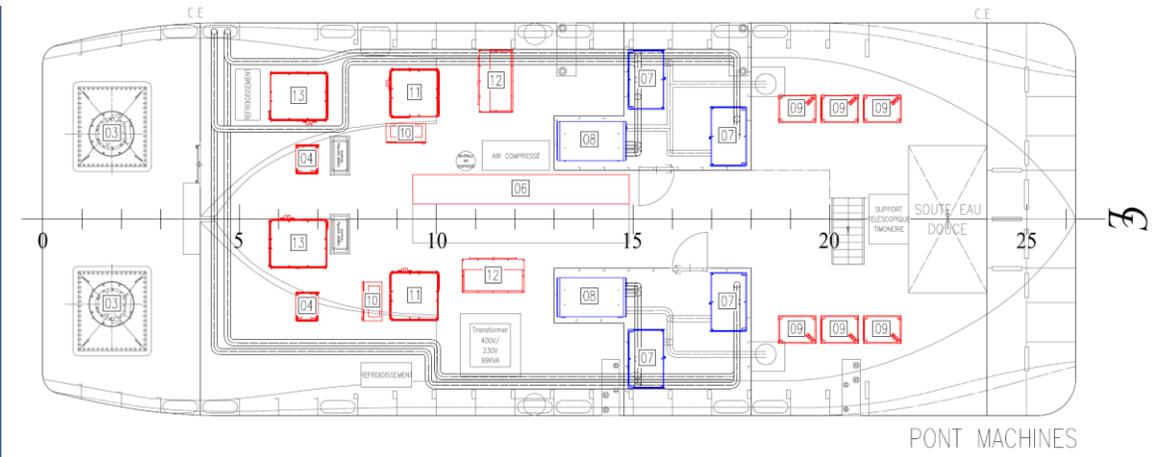
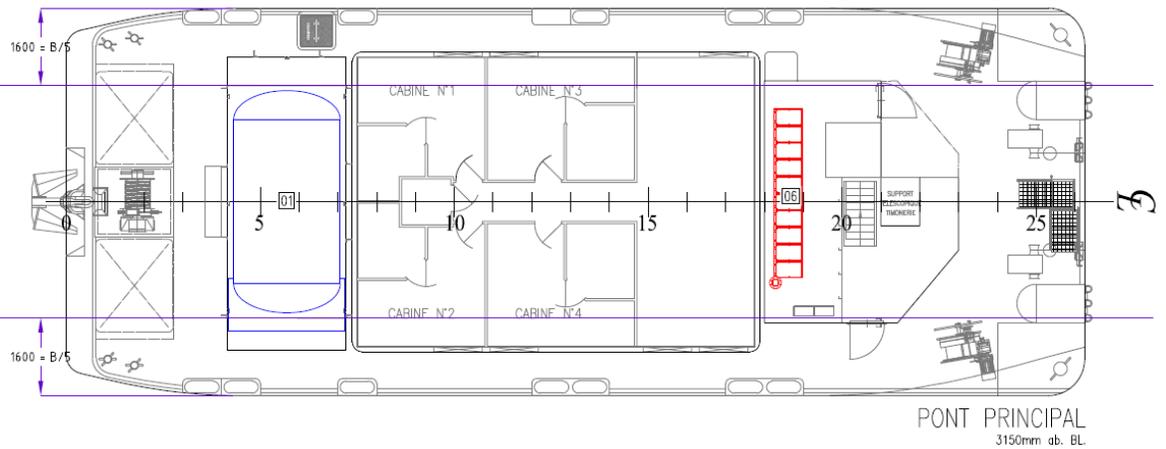
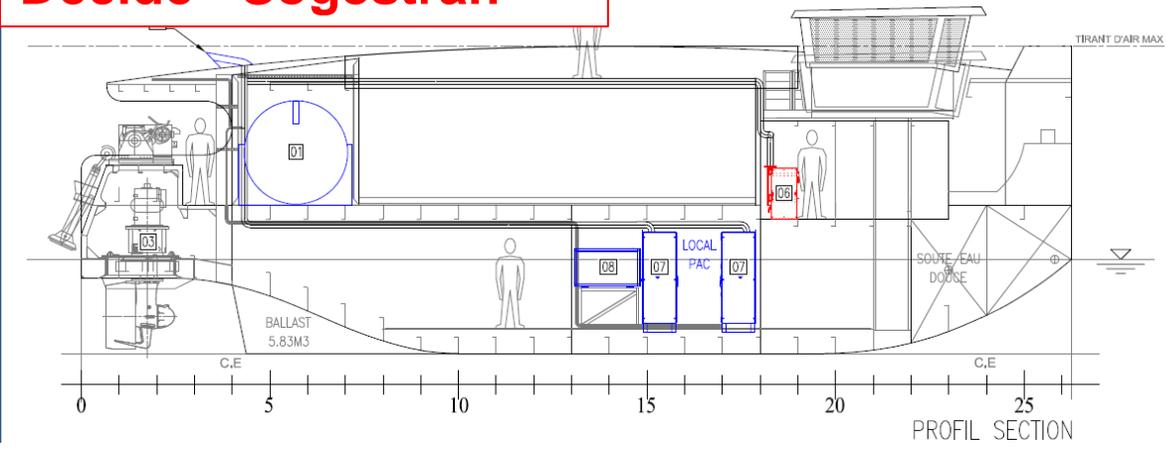
COUPE AU MAITRE

Couple #42
Echelle : 1/75



Emissions évitées:
60-70%
Estimations CAPEX:
10M€
Surcoût ops:
40-50%
(à DO 1€/l et H2 à 7€/kg)

Décidé - Sogestran



Stockage:
CH2 500ou300 bars / 20'

PACs:
6x 80 kW

Batteries:
100 kWh

Moteurs élec.
2x 165 kW /PF=0.8
/1500 rot/min/ 60Hz

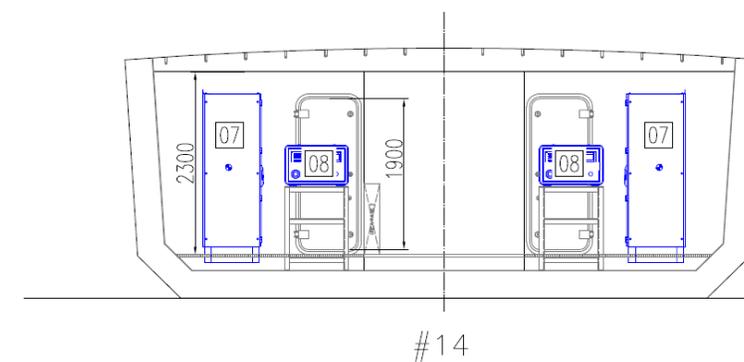
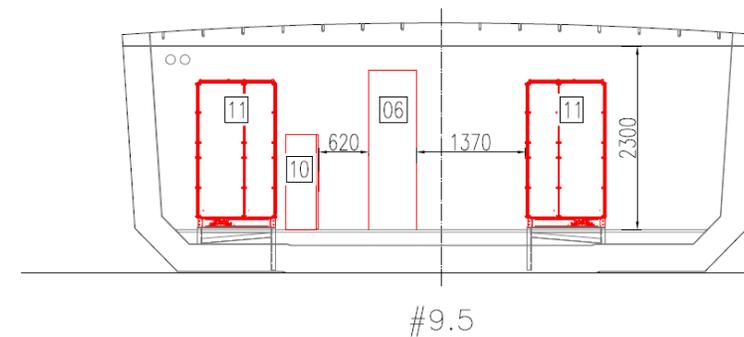
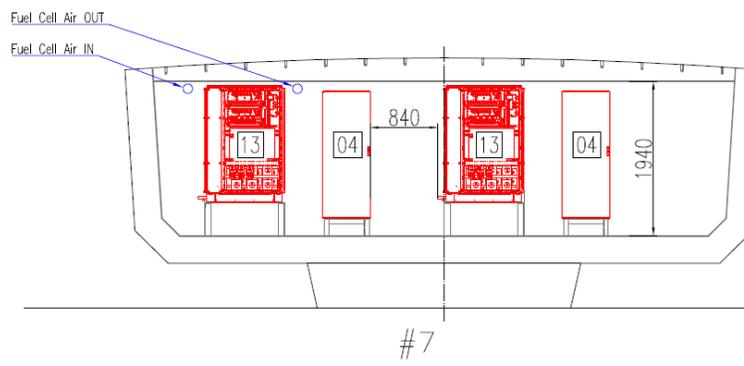
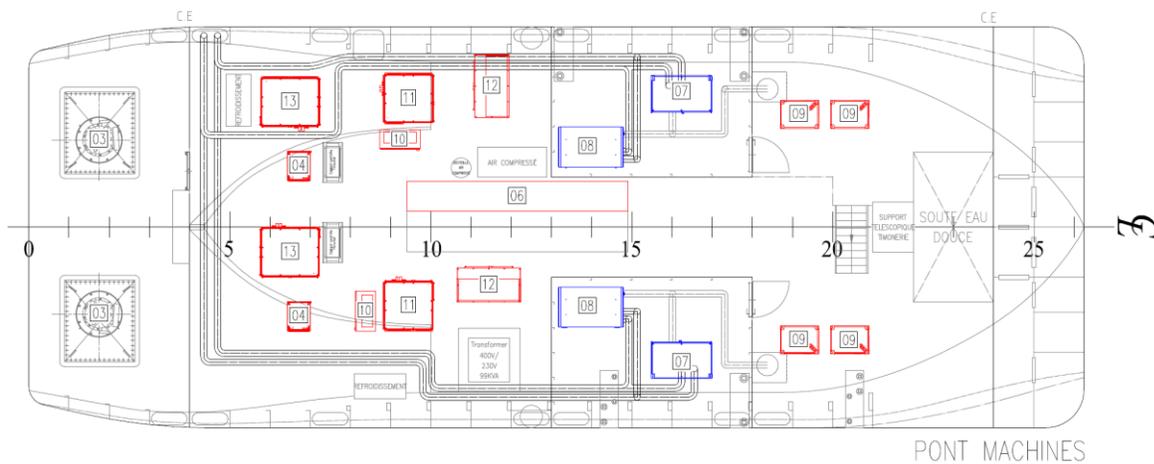
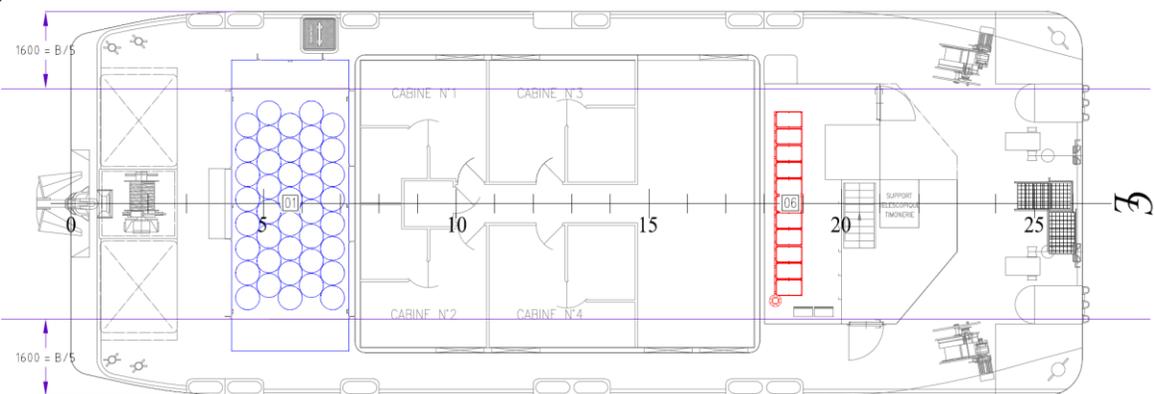
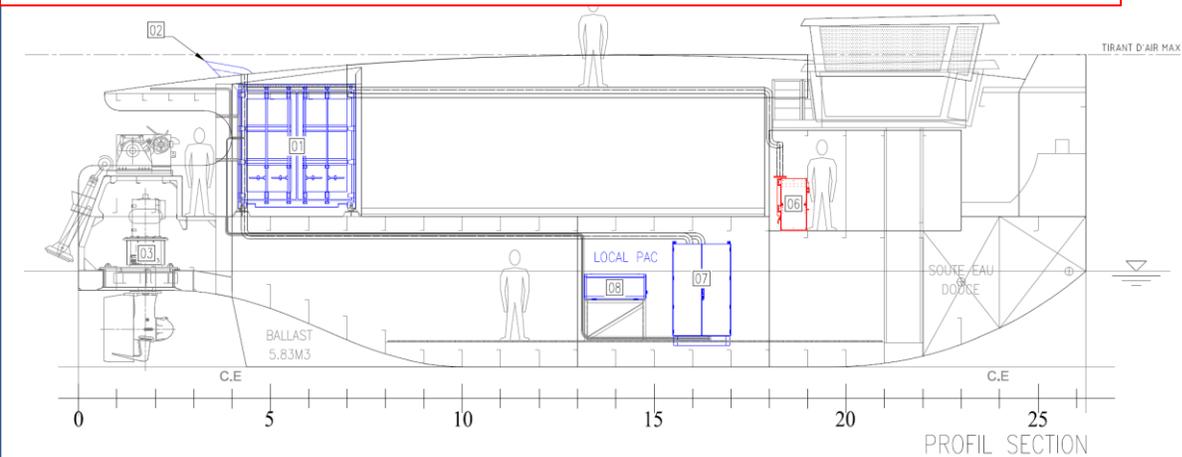
Tableau élec:
400-220V / 60 Hz / kVA

Emissions évitées:
60-70%

Estimations CAPEX:
7.1M€

Surcoût ops:
40-45%
(à DO 1€/l et H2 à 7€/kg)

Pousseur de manoeuvre – Groupe Plattard

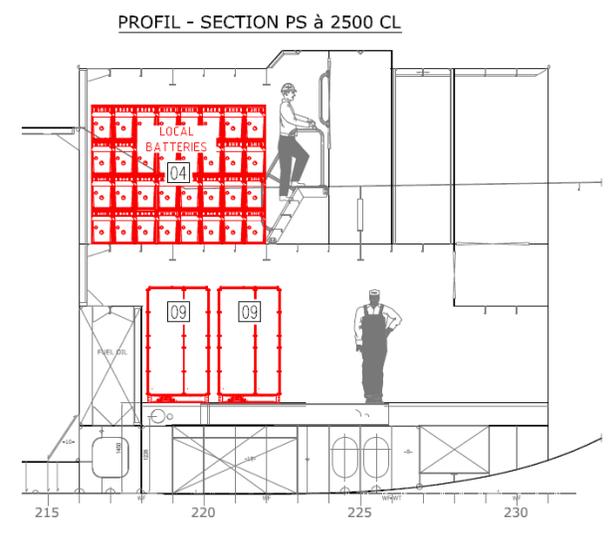
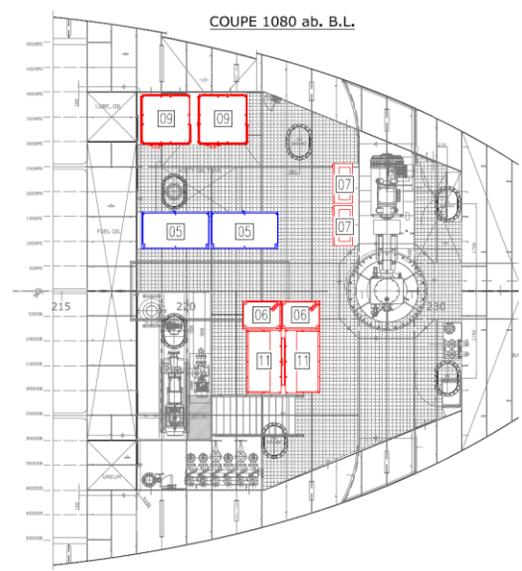
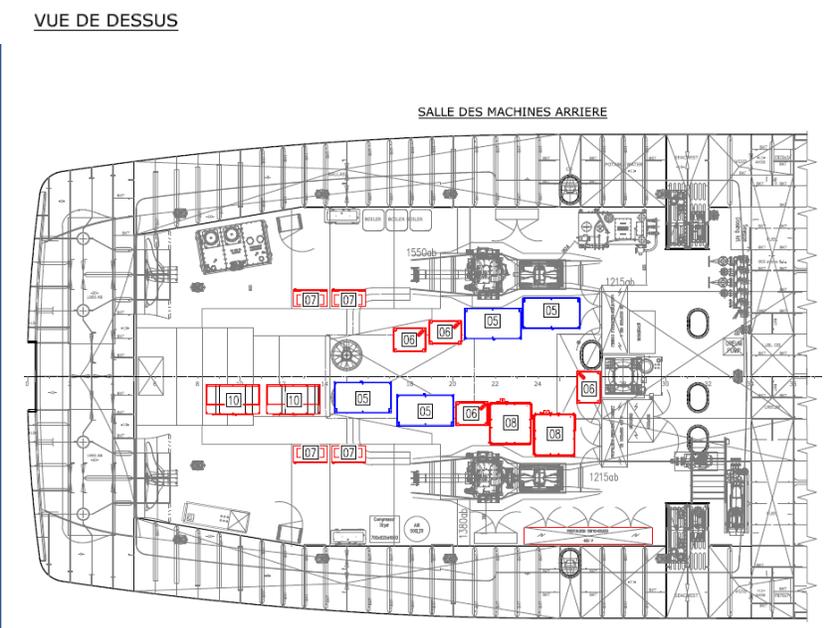
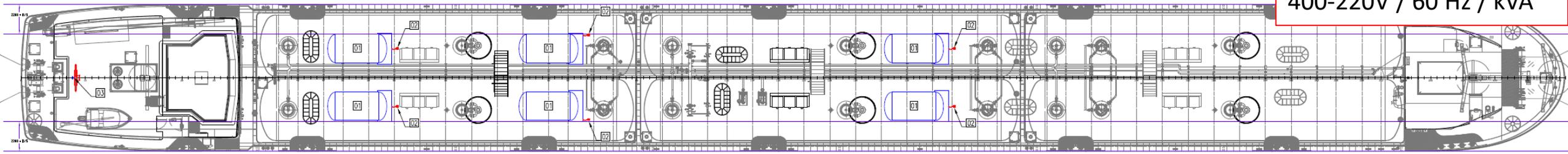
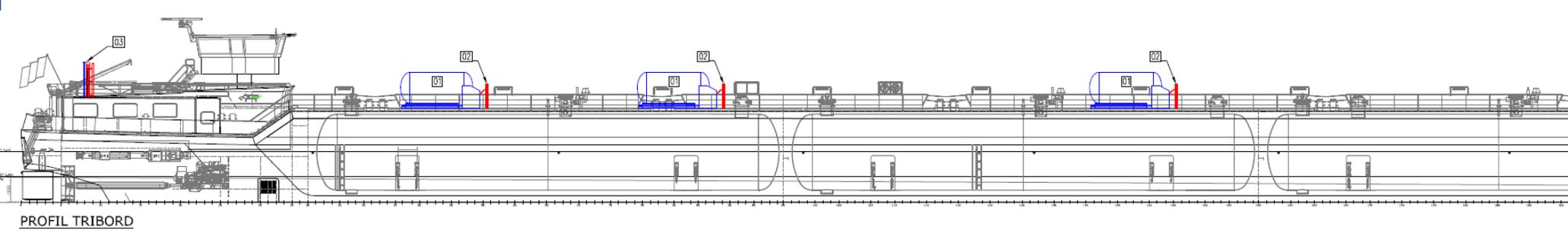


Stockage:
CH2 500ou300 bars / 20'
PACs:
6x 80 kW
Batteries:
100 kWh
Moteurs élec.
2x 165 kW /PF=0.8
/1500 rot/min/ 60Hz
Tableau élec:
400-220V / 60 Hz / kVA

Emissions évitées:
80-90%
Estimations CAPEX:
1.6M€
Surcoût ops:
30-35%
(à DO 1€/l et H2 à 7€/kg)

Tanker VCM- KemOne

Stockage:
CH2 500ou300 bars / 20'
PACs:
6x 80 kW
Batteries:
100 kWh
Moteurs élec.
2x 165 kW /PF=0.8
/1500 rot/min/ 60Hz
Tableau élec:
400-220V / 60 Hz / kVA



Emissions évitées:
60-70%
Estimations CAPEX:
14M€
Surcoût ops:
40-45%
(à DO 1€/l et H2 à 7€/kg)

Généralisation



Propulsions et Motorisations Innovantes pour le fluvial **H₂**



Generalisation

1. Faisabilité technique:

- Le choix des équipement, les travaux d'intégration diffèrent entre:
 - Bateaux d'opération légers – Application CH2 possibles
 - Bateaux de ligne – Application LH2 recommandées, parfois irréalistes

Conclusion

2. Emissions évitées:

- Les marges d'émissions évitées (en %) sont plus élevées sur les applications CH₂:
- La masse totale d'émissions évitées (en kg) est plus élevée pour les application lourdes

Conclusion

3. Coûts d'acquisition:

- Le coût d'acquisition des équipements liés au système propulsif H₂ est une barrière à la conversion des applications fluviales.
 - Majorité des dépenses pour: Stockage H₂ et Piles à combustibles – approx. 70%
- Besoins d'investissement plus important pour les applications LH₂ >3 M€

Conclusion

4. Coûts opérationnels:

- L'utilisation d'hydrogène comme source d'énergie génère d'important surcout pour l'opération du bateau

Conclusion

En conclusion:

Faisabilité

- Distinction des cas entre bateaux de ligne et bateaux légers d'opération
- Besoins de normalisation des texte réglementaire / codes de certification

Emissions

CAPEX

OPEX

Conclusion

En conclusion:

Faisabilité

Emissions

→ Besoin d'analyse approfondie sur l'opportunité d'investissement (CH2 et app. légère vs LH2 et app lourdes)

CAPEX

OPEX

Conclusion

En conclusion:

Faisabilité

Emissions

CAPEX

- Besoins à long terme de faire baisser le cout de fabrication des equ. H2
- Besoins à court terme de soutient publique aux projet (ADEME...)
- Favoriser les schémas de mutualisation des coûts (ex. stockage CH2 multimodal)

OPEX

Conclusion

En conclusion:

Faisabilité:

Emissions

CAPEX

OPEX

- Développer les infrastructures d'énergie verte (réduction des coûts)
- Répartir surcoûts entre client et propriétaire du bateau (marché? valeur max?)



PROMOVAN H₂
Propulsions et Motorisations Innovantes pour le fluvial

 **voies navigables de France**

 **entreprises fluviales de France**

 **SOGESTRAN GROUP**

 **LMG MARIN FRANCE**

 **UNION EUROPÉENNE**

 **L'EUROPE S'ENGAGE pour le Rhône et la Saône avec le FEDER**

